

**Method of reducing residual monomers in the preparation of bead polymers.**

Publication number: DE4232194

Publication date: 1994-03-31

Inventor: RAUCH HUBERT (DE); ARNDT PETER JOSEPH DR  
(DE); BRUEMMER HEINZ-DIETER DR (DE);  
HOERTINGER BERND (DE)

Applicant: ROEHM GMBH (DE)

Classification:


- international: C08F2/18; C08F4/00; C08F4/40; C08F6/00; C08F2/12;  
C08F4/00; C08F6/00; (IPC1-7): C08F4/04; C08F4/32;  
C08F2/18; C08F4/00; C08F4/40; C08F20/00

- European: C08F2/18; C08F6/00D

Application number: DE19924232194 19920925

Priority number(s): DE19924232194 19920925

Also published as:

 EP0590468 (A2)  
EP0590468 (A3)  
EP0590468 (B1)  
ES2099337T (T3)

Report a data error here

Abstract not available for DE4232194

Abstract of corresponding document: EP0590468

The invention describes a process for the preparation of bead polymers by suspension bead polymerisation of vinyl monomers in water as the suspension medium with a reduced residual monomer content, to which end the polymerisation is carried out in two successive steps in the presence of the additives known and necessary for the polymerisation process, where the polymerisation is carried out in Step 1 with conventional, monomer-soluble polymerisation initiators at temperatures above 70 DEG C and in Step 2 by addition of a water-soluble redox initiator system at temperatures of 70 DEG C or above.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 32 194 A 1**

⑨ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 08 F 2/18**  
C 08 F 4/00  
C 08 F 4/40  
C 08 F 20/00  
// C 08 F 4/32, 4/04

⑲ Aktenzeichen: P 42 32 194.8  
⑳ Anmeldetag: 25. 9. 92  
㉑ Offenlegungstag: 31. 3. 94

DE 42 32 194 A 1

⑦① Anmelder:  
Röhm GmbH, 64293 Darmstadt, DE

⑦② Erfinder:  
Rauch, Hubert, 6108 Weiterstadt, DE; Arndt, Peter  
Joseph, Dr., 6104 Seeheim-Jugenheim, DE;  
Brümmer, Heinz-Dieter, Dr., 6104  
Seeheim-Jugenheim, DE; Hörtinger, Bernd, 6104  
Seeheim-Jugenheim, DE

⑤③ Verfahren zur Verringerung des Restmonomerengehaltes bei der Herstellung von Perlpolymerisaten

⑤④ Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Perlpolymerisaten durch Suspensions-Perlpolymerisation von Vinylmonomeren in Wasser als Suspensionsmedium mit verringertem Restmonomerengehalt, wozu die Polymerisation in Gegenwart der für das Polymerisationsverfahren bekannten und notwendigen Zusätze, in zwei aufeinanderfolgenden Stufen durchgeführt wird, wobei in Stufe 1 mit üblichen, monomerlöslichen Polymerisationsinitiatoren bei Temperaturen über 70 Grad C und in Stufe 2 durch Zugabe eines wasserlöslichen Redoxinitiatorsystems bei Temperaturen von 70 Grad C und darüber polymerisiert wird.

DE 42 32 194 A 1

## Beschreibung

## Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft die Herstellung von Peripolymerisaten durch radikalinduzierte Polymerisation von Vinylmonomeren mit verbesserter Endpolymerisation.

## Stand der Technik

Peripolymerisate verschiedener Polymerer, wie sie bei der Peripolymerisation der entsprechenden Monomeren, einem Spezialfall der Suspensionspolymerisation, anfallen, haben in der Technik mannigfache Verwendung. Polystyrolperlen und Peripolymerisate von Polymethylmethacrylat und weiteren Polymerisaten auf Methacrylat-Basis werden zur Herstellung von Spritzgußteilen und anderen Formteilen eingesetzt. Peripolymerisate aus Methacrylatpolymeren finden Anwendung u. a. auch in der Dentaltechnik, als Lackrohstoffe, als Ionenaustauscher.

Die Peripolymerisation, auch als Suspensionspolymerisation bezeichnet, ist ein Polymerisationsverfahren, bei dem das Monomere, in dem die zur Polymerisation notwendigen Hilfsstoffe wie Initiatoren und Regler gelöst sind, als disperse Phase durch Einwirkung mechanischer Kräfte, insbesondere durch Rührung in einem Nichtlösemittel, der kontinuierlichen Phase, in kugelförmiger Form verteilt sind. Man verwendet als kontinuierliche Phase, von wenigen Spezialfällen abgesehen, Wasser.

Zum Unterschied von der Emulsionspolymerisation sind die bei der Peripolymerisation eingesetzten Polymerisationsinitiatoren monomerenlöslich und wasserunlöslich. Verwendet werden als Starter vor allem Dibenzoylperoxid, Diäuroylperoxid und Azoverbindungen. Zur Erreichung einer möglichst vollständigen Polymerisation können, wenn gegen Ende der Umsetzung die Temperatur gesteigert wird, Radikalbildner mit hohen Zerfallstemperaturen zugesetzt werden. Die Initiierung nach Art einer Redoxpolymerisation ist bei der Peripolymerisation wenig üblich und führt zu kleinteiligem, emulsionsartigem Polymerisat (Rauch-Puntigam/Völker, Acryl- und Methacrylverbindungen, Springer-Verlag, 1967, 208—211; Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Verlag Chemie, 4. Auflage, Band 19, 125—127). Nach der DE-A 24 54 789 werden so durch Zusatz von  $Fe^{2+}$ -,  $Ti^{3+}$ -, oder  $Co^{2+}$ -Ionen während des Polymerisationszulaufs annähernd kugelförmige Polymerperlen mit einer durchschnittlichen Teilchengröße von weniger als 20  $\mu$  bei der Mischpolymerisation einer ungesättigten Carbonsäure und eines Vernetzungsmittels erhalten.

Ein Problem bei der Herstellung von Suspensionspolymerisaten ist, daß abhängig von der Monomerenart bzw. den Comonomeren im Gemisch und den gewählten und optimalen Polymerisationsbedingungen, doch noch Monomerreste übrigbleiben, die trotz ihrer relativ geringen Menge, d. h. ca. 1 bis 10 000 ppm bezogen auf das Polymerisat, Geruchsprobleme bei der Verwendung des Polymerisates oder/und Kontaminationsprobleme bei der Aufarbeitung der wäßrigen Phase verursachen. In der DE-OS 36 31 070 wird vorgeschlagen, nach der Durchführung der Suspensionspolymerisation eine Wasserdampfdestillation auszuschließen, um geruchsbildende und toxische Stoffe aus der Polymersuspension zu entfernen.

## Aufgabe und Lösung

Dieser Vorschlag kann nicht als Lösung zur Entsorgung von Restmonomeren angesehen werden, da diese hierbei nur auf eine andere Ebene verlagert wird.

Die Lösung der Aufgabe, Verringerung des Restmonomerengehalts bei der Peripolymerisation, besteht nach der Erfindung darin, an die nach Verfahren des Standes der Technik durchgeführte Peripolymerisation, eine Endpolymerisation mittels wasserlöslicher Redoxinitiatoren anzuschließen. Durch diese Maßnahme lassen sich die Restmonomerengehalte in der Polymersuspension überraschenderweise unter deren Nachweisgrenzen absenken.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Peripolymerisaten durch Suspensions-Peripolymerisation von Vinylmonomeren in Wasser als Suspensionsmedium, dadurch gekennzeichnet,

daß die Polymerisation in Gegenwart der für das Polymerisationsverfahren bekannten und notwendigen Zusätze, in zwei aufeinanderfolgenden Stufen durchgeführt wird, wobei in

Stufe 1 mit üblichem, monomerenlöslichem Polymerisationsinitiator bei Temperaturen von 70 Grad C und darüber und in

Stufe 2 durch Zugabe eines wasserlöslichen Redoxinitiatorsystems bei Temperaturen unter 70 Grad C polymerisiert wird.

Als wasserlösliche Redoxinitiatorsysteme können solche eingesetzt werden, deren Komponenten alle anorganische Verbindungen sind oder solche, deren Komponenten alle organische Verbindungen sind. Auch Systeme mit anorganischen und organischen Komponenten sind erfindungsgemäß einsetzbar.

Das Verfahren hat vor allem Bedeutung für die Herstellung von Peripolymerisaten, die überwiegend aus Estern der Acryl- bzw. der Methacrylsäure bestehen, und insbesondere für die Endpolymerisation von, gegenüber den Alkylestern der Acryl- bzw. Methacrylsäure, relativ hydrophileren Comonomeren.

## Durchführung der Erfindung

Die kontinuierliche Phase ist im allgemeinen Wasser. Als zur Polymerisation geeignete Monomere kommen

daher primär schwerlösliche bis wasserunlösliche, radikalisch polymerisierbare Monomere in Frage. Dies trifft z. B. für Styrol und substituierte Styrole, Vinylester von Carbonsäuren, wie Vinylacetat, Ester der Acryl- und der Methacrylsäure, daneben für Vinylchlorid, Vinylidenchlorid, N-Vinylcarbazol zu.

Das Verhältnis von wäßriger zur Monomerenphase beträgt meist 1 : 1 bis 4 : 1, vor allem 1,5—2,0 : 1.

Das wichtigste Monomere für Acrylharzperlen ist der Methacrylsäuremethylester. Werden andere Alkylester der Methacrylsäure oder Acrylsäure polymerisiert, so erhält man — je nach Erweichungspunkt — weiche bis klebrige Perlen, weshalb man sie oft nur als Comonomere neben anderen Derivaten der Acryl- und/oder Methacrylsäure, wie Säuren, Amiden oder Nitrilen verwendet.

Als hydrophobe Comonomere zum Methacrylsäuremethylester kommen insbesondere die Ester der Methacrylsäure mit C<sub>2</sub> bis C<sub>24</sub>-Alkoholen und die Ester der Acrylsäure mit C<sub>1</sub> bis C<sub>24</sub>-Alkoholen in Betracht. Technisch häufig verwendete Comonomere sind beispielsweise Ethylacrylat, 2-Ethylhexylacrylat, iso- und n-Butylmethacrylat.

Weiter können die Acrylharzperlypolymerisate noch mit weiteren Acryl- oder Methacryl-Monomeren, wie z. B. Phenylester, Benzylester und gegebenenfalls substituierten Amiden der Acryl- und/oder der Methacrylsäure, Methacrylnitril und/oder Acrylnitril, ferner mit Styrol und dessen Derivaten, sowie mit Vinylcarbonsäureestern, wie Vinylacetat, und gegebenenfalls mit weiteren, radikalisch polymerisierbaren Vinylmonomeren aufgebaut sein.

Als hydrophilisierende Komponenten kommen beim Perlenaufbau z. B. Hydroxylgruppenhaltige Monomere in Betracht. Genannt seien z. B. Hydroxyalkylester der Acryl- bzw. der Methacrylsäure, vor allem die  $\beta$ -Hydroxyethyl- bzw. -propylester, wie  $\beta$ -Hydroxyethylmethacrylat oder  $\beta$ -Hydroxy-propylacrylat, aber auch die  $\omega$ -Hydroxyalkylester dieser Säuren, wie z. B. 4-Hydroxybutylacrylat.

Daneben kann das Perlpolymerisat noch mit vernetzenden Monomeren, d. h. Verbindungen mit mindestens zwei reaktiven Gruppen im Molekül, wobei als reaktive Gruppen insbesondere die Vinyl-, Vinyliden-, die Amidmethylol-, Amidmethyloläthergruppen in Frage kommen, aufgebaut sein. Genannt seien dazu die Acryl- und Methacrylsäureester von mehrwertigen Alkoholen, wie Glykoldi(meth)acrylat, 1,3- und 1,4-Butandiol-di(meth)acrylat, Methylenbis(meth)acrylamid, ferner Allylverbindungen wie Allylmethacrylat, Allylmethacrylamid, Triallylcyanurat u. ä. Diese Monomeren sind dann in der Regel in geringen Mengen, beispielsweise in 0,05 bis 2 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtheit der Monomeren, in dem Perlpolymerisat eingebaut.

Mit diesen genannten Monomeren lassen sich in bekannter Weise mit den dazu üblichen, in der Monomerphase löslichen Initiatoren, wie z. B. Dibenzoylperoxid, Dilauroylperoxid, Azoverbindungen, bei Temperaturen von 70 Grad C und darüber, vor allem über 80 Grad C, die entsprechenden Suspensions-Perlpolymersate herstellen.

Dabei können Monomere in zwar geringen, aber in bei der Aufarbeitung erheblich störenden Mengen, bei der Polymerisation nicht eingebaut werden, so daß sie als niedrigsiedende Verbindungen im Reaktionsansatz vor allem in der Wasserphase verbleiben. Diese können für lästige Geruchsprobleme im Reaktionsprodukt oder insbesondere auch bei der Aufarbeitung der Wasserphase für Emissionsprobleme des Abwassers oder der Abluft sorgen.

Gegebenenfalls abhängig von den Copolymerisationsparametern und/oder von den Wasserlöslichkeiten der einzelnen Monomeren, die meist als Gemische zur Herstellung der verschiedenen Perlpolymersationsprodukte eingesetzt werden, finden sich Restmonomergehalte in der wäßrigen Phase von < 1 ppm bis zu einigen Tausend ppm. Während Methylmethacrylat unter den üblichen Bedingungen der Perlpolymersation praktisch vollständig polymerisiert wird — Restmonomergehalte < 1 ppm — sind bei Ethylacrylat z. B. als Comonomeren von Methylmethacrylat noch ca. 100 ppm Restmonomeres in der Wasserphase feststellbar. Bei der Herstellung von Perlpolymersaten mit  $\beta$ -Hydroxypropylacrylat als Comonomerem, enthält die Wasserphase beispielsweise noch etwa 2000 bis 4000 ppm dieses Monomeren.

Erfindungsgemäß wird nach der Perlpolymersation der Reaktionsmischung ein wasserlösliches Redoxinitiatorsystem bei Temperaturen unter 80 Grad C zugesetzt und bei Temperaturen unter 70 Grad C, vor allem bei Temperaturen von 30 bis 70 Grad C, insbesondere bei 40 bis 60 Grad C, noch einige Stunden, vor allem etwa 2 bis 24 Stunden weiterpolymerisiert.

Die erfindungsgemäß in zweiter Stufe einzusetzenden Redoxinitiatorsysteme sind Kombinationen aus oxidierenden und reduzierenden Verbindungen und als solche zur Initiierung von radikalischen Polymerisationen bekannt.

Wasserlösliche Redoxinitiatorsysteme, mit denen die Restmonomergehalte der Perlpolymersationssysteme drastisch, z. T. unter die Nachweisgrenze der jeweiligen Monomeren abgesenkt werden können, enthalten vorzugsweise Übergangsmetalle, wie vor allem Fe<sup>2+</sup>-Verbindungen, gegebenenfalls auch Co<sup>2+</sup>-Verbindungen, neben den wasserlöslichen Perverbindungen, wie z. B. Wasserstoffperoxid oder Ammoniumperoxodisulfat (APS) und den Reduktionsmitteln, wie insbesondere Disulfid oder Dithionit oder Sulfid oder Thiosulfat, die vor allem in Form ihrer Natrium-, Kalium- oder Ammoniumsalze eingesetzt werden. Allen Redoxinitiatoren ist gemeinsam, daß bei der Reaktion ihrer Einzelkomponenten Radikale gebildet werden, die die Polymerisation der Monomeren, in dem erfindungsgemäßen Verfahren der nicht mehr perlpolymersierenden Restmonomeren, zu Makromolekülen, praktisch bis zum vollständigen Umsatz initiieren.

Das Verfahren zur erfindungsgemäßen Endpolymerisation von Restmonomeren bei der Herstellung von Perlpolymersaten, insbesondere von Acrylharzperlen, wird vorzugsweise mit, d. h. in der Perlsuspension durchgeführt, wodurch das sich bildende Restpolymerisat möglicherweise auf den Perlen gebildet oder niedergeschlagen wird, aber jedenfalls mit dem Perlpolymersat von der Wasserphase abgetrennt wird.

Die zweite Polymerisationsstufe kann auch nach vorhergehender Perlpolymersatabtrennung in dem perlfreien Wasser durchgeführt werden, wodurch ein praktisch Monomeren-freies Wasser, das gegebenenfalls zur weiteren Reinigung noch weiter behandelt werden muß, erhalten wird.

Für die Initiierung der Monomeren-Endpolymerisation werden das wasserlösliche Oxidationsmittel (Perver-

bindung) und das wasserlösliche Reduktionsmittel des Redoxinitiatorsystems in Mengen von je etwa 0,03 bis 0,3 Gew.-%, vorzugsweise 0,05 bis 0,2 Gew.-% bezogen auf die Wasserphase eingesetzt. Die vorteilhaft mitverwendete Übergangsmetalverbindung wird in Mengen von etwa 0,0005 bis 0,005 Gew.-% bezogen auf die Perisuspension eingesetzt. Ein sehr effektives Redoxinitiatorsystem in dem erfindungsgemäßen Verfahren enthält die Komponenten Ammoniumpersulfat, Natriumdisulfit und Eisen-II-Sulfat und diese vorwiegend in den Gewichtsverhältnissen 1 : 1 — 2 : 0,05 — 0,02. Wie aus den Beispielen hervorgeht, lassen sich mit Redoxinitiatorsystemen, die organische Redox-Komponenten enthalten, wie z. B. das System tert-Butylhydroperoxid — Hydroxymethansulfinsaures-Natrium, die Restmonomergehalte in einer der Stufe der Peripolymerisation nachgeschalteten Polymerisationsstufe, ebenfalls drastisch senken.

Die nachfolgenden Beispiele dienen der Erläuterung der Erfindung. Daraus sind zu ersehen die Restmonomergehalte der Peripolymerisationsansätze und die Effektivitäten von Redoxinitiatorsystemen bei der Polymerisation der Restmonomeren in der zweiten Polymerisationsstufe. Diese wird vorteilhaft mit der Perisuspension durchgeführt, kann aber auch, wie ebenfalls beispielhaft gezeigt, mit der perlfreien Wasserphase erfolgen.

#### Beispiele

##### Beispiel 1

Eine in bekannter Weise durch Peripolymerisation der Monomeren Isobutylmethacrylat (M1), 2-Ethylhexylacrylat (M2) und 2-Hydroxypropylacrylat (M3) hergestellte Perisuspension (ca. 39% Feststoff), enthält nach Polymerisationsende in der Wasserphase folgende Restmonomergehalte (Remo):

0,6 ppm Isobutylmethacrylat  
< 0,5 ppm 2-Ethylhexylacrylat und  
3800,0 ppm 2-Hydroxypropylacrylat.

Nach Zugabe von  
24,5 g Ammoniumperoxidisulfat (APS)  
34,3 g Natriumdisulfit und  
0,245 g Eisen-II-Sulfat zu

40 kg o. g. Perisuspension bei 60 Grad C und 2- bzw. 24stündiger Endpolymerisation während der Abkühlzeit des Ansatzes zwischen 60 und 30 Grad C und anschließender Polymerisatabtrennung werden in der Wasserphase die in Tabelle 1 aufgeführten Restmonomerenwerte erhalten.

##### Beispiel 2

Man verfährt wie in Beispiel 1 mit dem Unterschied, daß bei 60 Grad C  
12,3 g Ammoniumperoxidisulfat,  
18,4 g Natriumdisulfat und  
0,245 g Eisen-II-Sulfat zugegeben werden.  
Restmonomergehalte in Tabelle 1.

##### Beispiel 3

Man verfährt wie in Beispiel 1 mit dem Unterschied, daß bei 60 Grad C,  
7,4 g tert.-Butylhydroperoxid und anschließend innerhalb von 15 Minuten,  
7,4 g Natriumhydroxymethansulfonat-dihydrat, gelöst in 1 l Wasser, zugegeben werden.  
Restmonomergehalte in Tabelle 1.

##### Beispiel 4

Man verfährt wie in Beispiel 1 mit dem Unterschied, daß bei 60 Grad C  
2,5 g tert.-Butylhydroperoxid und anschließend innerhalb von 15 Minuten  
2,5 g Natriumhydroxymethansulfonat-dihydrat, gelöst in 1 l Wasser, zugegeben werden.  
Restmonomergehalte in Tabelle 1.

##### Beispiel 5

Eine analog Beispiel 2 hergestellte Perisuspension enthält als Restmonomere  
< 1 ppm Isobutylmethacrylat,  
< 1 ppm 2-Ethylhexylacrylat und  
1900 ppm 2-Hydroxypropylacrylat.

Nach der Polymerisatabtrennung werden durch Zugabe von  
28,8 g Ammoniumperoxidisulfat,  
40,3 g Natriumdisulfit und  
0,29 g Eisen-II-Sulfat zu

28,8 kg Filtrat (perlfreie Wasserphase) bei Raumtemperatur endpolymerisiert.  
Restmonomergehalt nach 24 Stunden Reaktionszeit siehe Tabelle 1.

## Beispiel 6

Eine analog Beispiel 1 hergestellte Perlsuspension enthält nach Polymerisationsende in der Wasserphase als Restmonomere

845 ppm Isobutylmethacrylat, 5  
7 ppm 2-Ethylhexylacrylat und  
3274 ppm 2-Hydroxypropylacrylat.

Nach Zugabe von

3,4 kg Ammoniumperoxidisulfat,  
4,8 kg Natriumdisulfit und 10  
34,0 g Eisen-II-Sulfat zu

5160 kg o.g. Perlsuspension bei 60 Grad C, 4stündiger Endpolymerisation während der Abkühlzeit des Ansatzes zwischen 60 Grad C und 30 Grad C und anschließender Polymerisationsabtrennung werden in der Wasserphase die in Tabelle 1 aufgeführten Restmonomerenwerte erhalten.

15

## Beispiel 7

Eine in bekannter Weise durch Perlpolymerisation der Monomeren Methylmethacrylat (M4) und Ethylacrylat (M5) hergestellte Perlsuspension (ca. 40% Feststoff), enthält nach Polymerisationsende in der Wasserphase als Restmonomere

< 1 ppm Methylmethacrylat und 20  
90 ppm Ethylacrylat.

Nach der Polymerisationsabtrennung werden durch Zugabe von

60,0 g Ammoniumperoxidisulfat,  
84,0 g Natriumdisulfit und 25  
0,6 g Eisen-II-Sulfat zu

60 kg Filtrat (perlfreie Wasserphase) bei Raumtemperatur endpolymerisiert.

Restmonomergehalt nach 24 Stunden Reaktionszeit siehe Tabelle 2.

## Beispiel 8

30

Eine analog Beispiel 7 hergestellte Perlsuspension enthält nach Polymerisationsende in der Wasserphase als Restmonomere

10 ppm Methylmethacrylat und 35  
530 ppm Ethylacrylat.

Nach Zugabe von

2,9 kg Ammoniumperoxidisulfat,  
4,1 kg Natriumdisulfit und  
29,0 kg Eisen-II-Sulfat zu

4960 kg o. g. Perlsuspension bei 55 Grad C, 5stündiger Endpolymerisation während der Abkühlzeit des Ansatzes zwischen 55 und 29 Grad C und anschließender Polymerisationsabtrennung werden in der Wasserphase die in Tabelle 2 aufgeführten Restmonomerenwerte erhalten.

40

## Beispiel 9

45

Eine analog Beispiel 7 hergestellte Perlsuspension enthält nach Polymerisationsende in der Wasserphase als Restmonomere

20 ppm Methylmethacrylat und  
520 ppm Ethylacrylat.

Nach Zugabe von

1,45 kg Ammoniumperoxidisulfat,  
2,05 kg Natriumdisulfit und  
29,00 g Eisen-II-Sulfat zu

4960 kg o. g. Perlsuspension bei 55 Grad C, 2stündiger Endpolymerisation während der Abkühlzeit des Ansatzes zwischen 55 und 32 Grad C und anschließender Polymerisationsabtrennung werden in der Wasserphase die in Tabelle 2 aufgeführten Restmonomerenwerte erhalten.

55

60

65

TABELLE 1

Beisp.	Zugabe von Redoxinitiator (bzgl. auf Wasser-Phase)	Remo (µgm)			Bestimmung nach
		M1	M2	M3	
1	ohne Zugabe 0,1 % APS + 0,14 % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 0,001 % $\text{FeSO}_4$ zur Perlsuspension	0,6 < 0,2 n.b.	< 0,5 < 0,5 n.b.	3 800 < 10 < 10	2 Stunden Reaktionszeit 24 Stunden Reaktionszeit
2	ohne Zugabe 0,05 % APS + 0,075 % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 0,001 % $\text{FeSO}_4$ zur Perlsuspension	0,6 < 0,2 n.b.	< 0,5 < 0,5 n.b.	3 800 90 75	2 Stunden Reaktionszeit 24 Stunden Reaktionszeit
3	ohne Zugabe 0,03 % Na-hydroxymethylsulfonat-dihydrat + 0,03 % tert. Butylhydroperoxid zur Perlsuspension	0,6 < 0,2 n.b.	< 0,5 < 0,5 n.b.	3 800 490 320	2 Stunden Reaktionszeit 24 Stunden Reaktionszeit
4	ohne Zugabe 0,01 % Na-hydroxymethylsulfonat-dihydrat + 0,01 % tert. Butylhydroperoxid zur Perlsuspension	0,6 0,3 n.b.	< 0,5 < 0,5 n.b.	3 800 1 600 1 600	2 Stunden Reaktionszeit 24 Stunden Reaktionszeit
5.	ohne Zugabe 0,1 % APS + 0,14 % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 0,001 % $\text{FeSO}_4$ zur perlfreien Wasser-Phase	< 1 < 1	< 1 < 1	1 900 < 1	24 Stunden Reaktionszeit
6	ohne Zugabe 0,1 % APS + 0,14 % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 0,001 % $\text{FeSO}_4$ zur Perlsuspension	845 0	7 15	3 274 23	4 Stunden Reaktionszeit

\* n.b. bedeutet nicht bestimmt

TABELLE 2

Beisp.	Zugabe von Redoxinitiator (bzgl. auf Wasser-Phase)	Rema (ppm)		Bestimmung nach
		M4	M5	
7	ohne Zugabe 0,1 % APS + 0,14 % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 0,001 % $\text{FeSO}_4$ zur perlfreien Wasser-Phase	< 1 < 1	90 < 1	24 Stunden Reaktionszeit
8	ohne Zugabe 0,1 % APS + 0,14 % $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 0,001 % $\text{FeSO}_4$ zur Perlpolymersation	10 10	530 10	5 Stunden Reaktionszeit
9	ohne Zugabe 0,05 % APS + 0,07 % $\text{Na}_2\text{SO}_5$ + $\text{FeSO}_4$ zur Perlsuspension	20 20	520 173	2 Stunden Reaktionszeit



## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Perlpolymerisaten durch Suspensions-Perlpolymerisation von Vinylmonomeren in Wasser als Suspensionsmedium,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Polymerisation in Gegenwart der für das Polymerisationsverfahren bekannten und notwendigen Zusätze, in zwei aufeinanderfolgenden Stufen durchgeführt wird, wobei in Stufe 1 mit üblichen, monomerlöslichen Polymerisationsinitiatoren bei Temperaturen von 70 Grad C und darüber und in Stufe 2 durch Zugabe eines wasserlöslichen Redoxinitiatorsystems bei Temperaturen unter 70 Grad C polymerisiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Redoxinitiatorsystem der Stufe 2 aus anorganischen Komponenten aufgebaut ist.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Redoxinitiatorsystem Übergangsmetallverbindungen enthält.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Redoxinitiatorsystem aus den Komponenten Ammoniumpersulfat, Natriumdisulfit und Eisen-II-Sulfat besteht.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Redoxinitiatorsystem aus organischen Komponenten aufgebaut ist.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Redoxinitiatorsystem aus den Komponenten tert-Butylhydroperoxid und Hydroxymethansulfonsaures-Natrium besteht.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Perlpolymerisation überwiegend mit Acryl- und Methacrylverbindungen als Vinylmonomeren durchgeführt wird.